

Aus der Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten
— Poliklinik für Zahnerhaltungskunde —
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Direktor: Professor Dr. Dr. med. W. Ketterl

**Experimentell vergleichende Untersuchungen
der Wirkung von sechs verschiedenen Fabrikaten
elektromechanischer Zahnbürsten
auf das Parodontium**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Claudia Gäbert
aus Gera

1975

Mainz 1974

Aus der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
- Poliklinik für Zahnerhaltungskunde -
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. Dr. med. W. Ketterl

EXPERIMENTELL VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN
DER WIRKUNG VON SECHS VERSCHIEDENEN FABRIKATEN
ELEKTROMECHANISCHER ZAHNBÜRSTEN
AUF DAS PARODONTIUM

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheil-
kunde der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Claudia G ä b e r t
aus Gera

Mainz 1974

Fachbereichsdekan:

Professor Dr. K.Fuhr

Referent:

Professor Dr.Dr.med. W.Ketterl

Korreferent:

Professor Dr.Dr.med. A.Fessler

Tag der mündlichen

Prüfung: 18.6.1975



Meiner Mutter

gewidmet

in Dankbarkeit



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554415_0072

Inhaltsverzeichnis

A Einteilung

- I. Themenstellung
- II. Zur Hygiene der Mundhöhle
- III. Die elektromechanische Zahnbürste
in der Literatur

B Material und Methoden

- I. Die Bürsten
 - 1. Beschreibung der Bürsten
 - 2. Versuchsanordnung
- II. Die Probanden
- III. Die Tests
 - 1. Der PMA-Index
 - 1.a. Der Parodontalbefund
 - 1.b. Meßmethode und Durchführung
 - 2. Die Sulcus-Fluid-Messung
 - 2.a. Das Zahnfleischtaschenexsudat
 - 2.b. Meßmethode und Durchführung

C Statistische Methoden und Ergebnisse

- I. Meßergebnis der PMA-Indices
- II. Meßergebnis der Sulcus-Fluid-Werte

D Kritische Betrachtung und Folgerung

E Zusammenfassung

F Literaturverzeichnis

A Einleitung

I Themenstellung

Die Zahnbeläge und die in ihnen ablaufenden biochemischen Vorgänge sind der zentrale Faktor der Karies- wie auch der Parodontopathie-Genese. Seit dies bekannt ist, liegt die Bedeutung einer sinnvollen Mundhygiene in der Verminderung und Verhinderung der Belagsbildung. Noch immer ist dabei die Zahnbürste das Mittel der Wahl, denn nur sie kann bei günstiger Struktur, geeignetem Material und richtiger Anwendung die zum Teil recht fest haftenden Beläge mechanisch beseitigen und ihre Neubildung weitgehend verhindern. Während Form und Material einer "idealen" Zahnbürste standartisiert werden können und sie als sogenannte Kurzkopfzahnbürste auch schon im Handel ist, unterliegt eine richtige Anwendung, selbst bei intensiver Anleitung von zahnärztlicher Seite, Einflüssen, für die B E R G M A N N (2) anatomische und Physiologische Gründe angibt. Eine sinnvolle Reinigung auch der interdentalen Räume, sowie eine stimulierende Massagewirkung der Gingiva ist nur bei ausschließlich vertikalen Bürststrichen gewährleistet. Nach Bergmann ist die Muskeltätigkeit einer zum Munde erhobenen Hand in vertikaler Bewegung viel ermüdender als in horizontaler, so daß der Putzende zwangsläufig der sinnlosen horizontalen Schrubbertechnik verfällt.

Die automatische Zahnbürste soll nun auch die Putzbewegung standartisieren, wobei verschiedene Bewegungstechniken, Frequenzen, Antriebsmöglichkeiten

und Designs der Apparate in Konkurrenz stehen. Aufgabe dieser Arbeit soll sein, die Wirkung von sechs der üblichen in Deutschland erhältlichen elektrischen Zahnbürsten auf das Parodontium unter klinischen Aspekten zu testen, um möglicherweise eine Rangfolge ihrer Bewährung aufzustellen.

II Zur Hygiene der Mundhöhle

Wenn Nahrungsmittel und Mikroorganismen mit den Zahnoberflächen in Kontakt kommen, bilden sich ständig mehr oder weniger fest haftende Auflagerungen.

L E H N E R T (23) unterscheidet nach ihrer Zusammensetzung:

1. Plaques: festhaftende Mucoproteidschicht mit aktiven Mikroorganismen unter Beimengung von Nährsubstraten.
2. Weiche Beläge: Weiche, nicht strukturierte, leicht abwischbare Masse aus Nahrungsresten, Bakterien, Epithelien und Leukozyten.

Wenn die weichen Beläge nicht rechtzeitig entfernt werden, bilden sie sich zu Plaques aus, die wasserfest und widerstandsfähig sind. Plaques bilden sich ständig in der Mundhöhle, besonders in den Fissuren, Interdentalräumen, entlang des Gingivarandes und an anderen unzugänglichen Schlupfwinkeln der Zahnreihen. Gerade entlang des Gingivarandes, einer Prädispositionsstelle der Plaques, üben die gleichen Vorgänge, die zu einer kariösen Läsion führen können, einen ständigen Reiz auf das Parodontium aus. Damit sind Plaques verantwortlich für die

Kariesentstehung wie auch für die entzündlichen Formen der Parodontopathien. Laut Definition sind Parodontopathien alle von marginal her entstehenden Erkrankungen des Zahnhalteapparates. Abnorme occlusale Kräfte können nach R E N G G L I (33) nur einen Desmodontalschaden (occl. Trauma), nie aber eine Entzündung der Gingiva verursachen. Sind die Desmodontalschäden mit den Entzündungen kombiniert, wird die parodontale Knochendestruktion beschleunigt.

Somit liegt die Bedeutung einer sinnvollen Mundhygiene in der Verminderung und Verhinderung der Belagsbildung. Physiologischerweise sollte das durch die mechanische Reinigungskraft scheuernder und harter Kost geschehen. Leider fällt diese natürliche Zahnreinigung durch unsere friktionsarme Kost weitgehend fort, so daß wir sie durch eine mechanische Reinigung und Massage ersetzen müssen, wobei als Mittel die Zahnbürste an erster Stelle steht.

Eine allgemeine Zusammenfassung der Kriterien für die richtige Zahnbürste, die unter dem Begriff Kurz- kopfzahnbürste in Handel erhältlich ist gibt

R I E T H E (35):

1. Griffebene und Borstenfeld in gleicher Höhe.
2. Nichtprofilierter kurzer Bürstenkopf
3. Harte, abgerundete Borstenenden für die entzündungsfreie Gingiva, normale Borsten für die entzündlichen Veränderungen des marginalen Parodonts, weiche Borsten für die Gingiva des Kindes.
4. Die Länge der Bürstenebene (5 - 6 Büschel) soll approximativ 3 Zähne, die Breite (zwischen

- 2 - 3 Büschel) einen vorderen Zahn bedecken.
5. Fassung einer kleineren Zahl von Borsten in getrennten Borstenbündeln (zu dichte Borstenbündel erzeugen Verschmutzung des Bürstenkopfes).
 6. Die Bürste soll unempfindlich gegen Feuchtigkeit sein, ohne weiteres gereinigt und der Luft ausgesetzt werden können.
 7. Weichgewordene, abgebrochene oder ausgefallene Borsten machen die Bürste wirkungslos.

Dieselben Kriterien gelten selbstverständlich auch für die Aufsteckbürstchen der elektrischen Geräte. Die Reinigungskraft einer Zahnbürste ist jedoch nicht nur von ihrer "Anatomie" abhängig, sondern auch von der Größe der Kontaktfläche zwischen ihrem Borstenfeld und dem Zahn, sowie der Häufigkeit der Bürststriche. In jeder Reinigungszone sind mindestens 6 Bürststriche notwendig, deren Art der Ausführung schließlich von Bedeutung ist.

Die Schrubbertechnik oder Horizontale Methode ist das herkömmlichste Verfahren. Dabei steht das Borstenfeld senkrecht auf den oralen beziehungsweise facialen Zahnflächen und wird auf ihnen in mesio-distaler Richtung hin- und herbewegt. Nachteilig hierbei ist, daß die Interdentalräume von den Bürststrichen so gut wie nicht erfaßt werden, sondern nur die Regionen, die sich beim Kauen ohnehin von selbst reinigen. Auch können traumatische Schäden an dem oft prominent stehenden Eckzahn gesetzt werden, und das marginale Parodontium, besonders der Molarengegend, wird zu stark beansprucht. Die Nachteile dieser Methode wurden bald erkannt und die nachfolgend aufgezählten Autoren proklamierten verschiedene Techniken,

die diese Nachteile ausschalten.

1. Charters (1922)
2. Fones- oder Rotationsmethode (1934)
3. Stillman-Technik (1932)
4. Physiologische Methode nach Smith und Bell (1940)
5. Rot-weiß-Technik - Leonhard (1949)
6. Rollmethode - Riethe (1970)

Allerdings hat sich keine der Bürstmethoden als in allen Fällen optimal herausgestellt.

Für die Zahnreinigung wird die Rollmethode, für die Zahnfleischmassage und bei erkranktem Parodontium die Charterstechnik empfohlen. Die Zahnreinigungsmittel dienen durch ihren Hauptanteil an Abrasivstoffen im wesentlichen der Beschleunigung des Putzvorganges. Grenzflächenaktive Stoffe unterstützen das Reinigungsvermögen durch schäumende und emulgierende Eigenschaften und sollen die Säuberung von Prädilektionsstellen begünstigen sowie die Belagsbildung hemmen.

Die Effektivität von therapeutischen Wirkstoffen ist bisher nur für Fluor in der Verbindung von Aminfluoriden nachgewiesen worden. Weitere Hilfsmittel, wie Gummikelche, Zahnseide, Zahnstocher, Kaugummi, Mundduschen sind nützliche, aber nicht unbedingt notwendige Mittel zur Mundhygiene.

III. Die elektrische Zahnbürste in der Literatur.

Die Entwicklung von elektrischen Zahnbürsten begann 1961 in den USA nach ersten mißglückten Ansätzen in den zwanziger Jahren (21) mit dem Ziel, die Mundhygiene zu intensivieren und zu rationali-

sieren, um so eine bessere und schnellere Prophylaxe gegen die Erkrankungen der Zahnhartsubstanzen und des Zahnhalteapparates betreiben zu können. A S H (1) berichtet, daß bereits 1965 in den USA mehr als 75 elektrisch betriebene Zahnbürsten patentiert wurden. Zwei namhafte amerikanische Hersteller begannen, auch in Europa für die "Vibrationsmethode" zu plädieren. K E T T E R L (20), R I E T H E (34), G O D T (12), W E C K E R L E , M Ü N C H , (40) (30), M O S S D O R F (27), O H M und S O N N A B E N D (31), G Ö T Z E und M A Y E R (13), G Ü L Z O W und S E E G E R (14) führen die Liste der deutschen Autoren an. 1964 wurde in Deutschland die Informationsstelle für elektrische Zahnpflege in München gegründet, die in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft für Zahnerhaltungskunde eine umfangreiche Testaktion durchführte (31).

Die Beurteilung der elektrischen Zahnbürsten wird bestimmt durch

- 1.) den Reinigungseffekt, das heißt wie schnell und wirksam Beläge entfernt werden,
- 2.) der Wirkung auf die Zahnsteinbildung,
- 3.) der Abrasionswirkung von Zahnhartsubstanzen und Füllungsmaterialien,
- 4.) der Wirkung auf das Parodontium, sowie der Möglichkeit von Gewebsverletzungen.

Die meisten der amerikanischen Autoren, nach K E T T E R L 1965 (20) 85 %, gelangten zu der Ansicht, daß die elektrische Zahnbürste den bisherigen Handzahnbürsten in jeder Hinsicht überlegen seien. Eine Auswahl amerikanischer und europäischer Autoren in den folgenden 2 Tabellen soll die überwiegende Anzahl von Argumenten für die elektrische Zahnbürste verdeutlichen.

Tabelle 1

Amerikanische Autoren
(die hier aufgeführten Autoren werden bei 12 und 15 im Literaturteil zitiert)

Autoren	Jahr- tei- lung	Reinigungseffekt	Massageeffekt	Sonstige Wirkung
Broxton - Fibel Kelner (15) 1962	++ ++	el. ZB besser, da Reinigung und Massage gleichzeitig bessere Möglichkeit der Mund- und Zahnpflege bei		
(15) Toto 1961 Lohene 1964 (15) Sponer und Quigley 1964	+		signifikante Besserung der Papillen u. der marg. Gingiva	
Kapur u. Shklar 1962 Derbyshire u. Mankodi 1964 (15)	+		günstige Stimulation der Schleimhaut des Alveolarknochens u. d. Gingiva	
Bergman u. Mitarb. 1962 Hoover u. Robinson 1962 (15) Lefkowitz u. Robinson 1962 (15) Phaneuf u. Mitarb. 1962 Parfitt u. Iverson 1963 Werkings (15) 1964 Sanders u. Robinson 1962	++ ++ ++ ++ ++ ++	schnellere und gründlichere Reinigung mit el. ZB	+ Chaikin 1965 + Tussing 1967 + Goldman 1965 + Bradley 1967 + Schulman 1965 + Manhold 1967 + Ruben 1965 + Ritsert 1967 + Powers 1967 + Binns 1967 (15)	
Chilton u. Mitarb. 1962 (12) Elliot 1963 (12) Roth 1963 Smith u. Ash (15) 1964 Quigley u. Hein (12) 1962	++ - ++ -	Verminderung des Zahnsteinansatzes nach einmonatiger Anwendung hinsichtlich der Zahnreinigung und Beeinflussung von Gingivitisformen kein größerer Effekt als bei einer zweckmäßigen HZB		
Terrey u. Harrington (15) 1962 1964	+	gleichgünstige Resultate	rotierende Bürsten sind abzulehnen, da sie Gewebeschäden verursachen. Die Abrasion von Zahnhart- substanzen u. Füllungsma- terial bei horizontal bewegten ZB ge- ringer als bei anderen Bürst- systemen.	

Tabelle 2
Europäische Autoren

Autoren	Beur- tei- lung	Reinigungseffekt	Massageeffekt	sonstige Wirkung
Rose (37) 1964	+	alle Systeme der el.ZB sind hinsichtlich des Reinigungseffektes besser als HZB		
Götze u. Mayer (13) 1963	++	bei gleichem Zeitaufwand besser	unter el.Massage Sistieren von Blutungsneigung. Günstige Wirkung auf einige Formen der Gingivitis.	
Weckerle (40) 1965	++ (-)	gute el.ZB sind in Reinigung u. Massage zweifellos den herkömmlichen HZB überlegen; bei techn. Mängeln sind sie schlechter als HZB kritisiert häufig auftretende techn. Mängel an den verschiedenen el. ZB		
Godt (12) 1964	+	bessere Reinigung in der Front als bei Praemolaren u. Molaren	Wirkung ist abhängig von Haltung und Andruck	
Gülzow u. Seeger (14) 1965	-+	die el. ZB ist bei <u>unkontrollierter</u> Anwendung einer zweckmäßigen HZB <u>nicht</u> überlegen. Zähneputzen ist anerzogene bedingte Reflexhandlung.	die el. ZB ist zur Prophylaxe u. unterstützenden Therapie von marginalen Parodontopathien in häuslicher Selbstpflege eine wichtige Maßnahme. Hierin liegt der eigentliche Vorteil der el. Zahnpflege.	

Autoren	Beur- tei- lung	Reinigungseffekt	Massageeffekt	sonstige Wirkung
Dablesteen (8) 1965	+	bestenfalls gleichgut bei pflege nicht sorgfältig betreiben. Ermahnung nötig, wenn der Reiz der Neuheit abzuklingen droht.		
Riethe (3/4) 1965	++	el. Putzen ist wirkungsvoller: statistisch signifikante Unterschiede bezüglich der Massage-Stimulation. Signifik. Untersch. bezüglich der Zahnfleischtaschentiefe		keine Schäden an Zahnhart- substanzen u. Füllungs- materialien
Held u. Spirgi (16) aus Praxiserfahrung	(-)		kein Einfluß auf Zahnfleisch- taschen	
Ketterl (20) 1965	++	Zahnstein-u. Plaquebil- dung wird nicht verhin- dert, aber verringert. Besser als gewöhnliche Zahnpflege ohne spezielle Technik. Hauptvorteil: größere Anzahl von Patienten ist zu einer systematischen Zahnpflege zu erziehen	bei ständigem Gebrauch Absinken der Entzündungsgrade	keine Schäden zu erwarten
Ohm u. Sonnabend (31) 1967	++	Minderung der weichen Beläge	Besserung bestehender Zahnfleisch- entzündungen, deutliches Nach- lassen des Zahnfleischblutens.	
Münch (30) 1962	+		Normalisierung einer Hydantoinhyperplasie der Gingiva nach 4monat. Gebrauch nach fortgesetzter Medikation.	

Über vergleichende Untersuchungen der unterschiedlichen Bürstsysteme, Antriebsmöglichkeiten, technischen Daten und Verarbeitung der Materialien gibt es in Deutschland bisher Veröffentlichungen von MOSSDORF, KETTERL, GÜLZOW und SEEGER, GODT, WECKERLE, RIETHE, OHM und SONNABEND.

MOSSDORF (27) stellt 1963 fest, daß die elektrische Zahnbürste keine luxuriöse Spielerei ist, sondern einer wesentlichen Verbesserung der Mundhygiene dienlich sein kann. Ohne die Fabrikate zu erwähnen, beurteilt er 4 verschiedene Bewegungs- und Antriebsysteme.

1. Eine Bürste mit voller Drehbewegung und Batterieantrieb ist wenig wirksam, da bei fehlender Vibration die Massagewirkung ausbleibt. Das entzündliche Zahnfleisch wird aufgerauht und es kommt zu starken Blutungen. Die schwer zugänglichen Interdentalaräume werden nicht erreicht.
2. Die horizontale Hin- und Herbewegung eines aufladbaren Gerätes mit 1,2 Volt Schwachstrom ist nicht sehr wirksam, da die interdentalen Räume nicht erfaßt werden und durch fehlende Vibration keine Massagewirkung entsteht.
3. Geräte mit Schwingbewegungen um bestimmte Winkel bei Schwach- und Starkstrom mit Netzanschluß werden auch bei 100 %iger Sicherheitsgarantie besonders für Kinder als Gefahrenquelle empfunden. Bei Schwachstrom ist die Reinigungs- und Massagewirkung ungenügend, bei Starkstrom gut.

4. Vertikale Schwingungen ausführende Batteriegeräte werden als angenehm empfunden und kommen der Rot-Weiß-Technik am nächsten. Die Vibrationsstärke und Größe des Ausschlages können durch Handdruck nach Belieben beeinflusst werden. Gute Reinigungs- und Massagewirkung.

Besonders bei Kindern führen die elektrischen Zahnbürsten zum gewünschten Erfolg, da die anfängliche Begeisterung erst dann abklingt, wenn die Gewöhnung an regelmäßiges Zähneputzen bereits eingetreten ist.

Ebenfalls ohne die Fabrikate zu benennen, untersucht K E T T E R L (20) zwei Bürstsysteme. Bei Typ A schwingen die Borsten im Winkel von etwa 80° um die Bürstenlängsachse, bei Typ B schwingt der gesamte Bürstenkopf mit der Längsachse im Winkel von etwa 45° hin und her. Die Bürsten standen 5 Wochen lang 67 Patienten zur Verfügung. Die Bürste vom Typ B brachte nach 5-wöchigen Gebrauch das Zahnfleisch zu verstärkter Blutungsneigung. Reinigung und Massage waren insgesamt intensiviert worden.

G Ü L Z O W und S E E G E R (14) kontrollierten die Bürsten Vibradent, Novodent und Broxodent auf ihren Reinigungseffekt im Vergleich zur Handzahnbürste. Die Kontrolluntersuchungen fanden ohne vorherige Ankündigung statt. Sie stellten fest, daß die elektrisch betriebene Zahnbürste hinsichtlich des Reinigungseffektes bei unkontrollierter Anwendung einer zweckmäßigen konventionellen Handzahnbürste nicht überlegen ist. Einen Unterschied zwischen den Fabrikaten konnten sie nicht feststellen. Sie

weisen darauf hin, daß die meisten der angeführten Resultate, die für elektromechanisches Putzen sprechen, aus kontrollierten Untersuchungen stammen.

Gleichfalls die Bürsten Vibradent, Novodent und Broxodent untersucht G O D T (12) auf technische Daten, Reinigungseffekt, Abriebleistung und Massagewirkung an aufgestellten Modellzahnreihen mit touchiertem Brei in den interdentalen Räumen, an Kreidestückchen (Abrieb) und durch Kapillardruckmessungen. Bezüglich der Massagewirkung reagieren alle 3 Bürsten gleich gut. Verletzungen der Schleimhaut entstehen nur, wenn die Massagedauer in einer Gebißregion 10 Sekunden überdauert. Die Borstenenden der Novodent sind nicht finiert, zeigen Preßfahnen und spitze Lanzetten und entsprechen nicht den Anforderungen (35). Während die Borsten der Broxodent glatt abgeschnitten sind, weist Vibradent vorbildlich abgerundete Borsten auf. Die Abriebleistung der Novodent ist deutlich ungenügend, was offensichtlich an der Bewegungsart (reine Vibration) liegt, denn Vibradent und Broxodent, die Vertikalbewegungen im Winkel von 26° beziehungsweise 58° ausführen, zeigen deutlich bessere Ergebnisse. Auch der Andruck ist entscheidend. Broxodent mit sehr elastischen Borsten zeigt den größeren Abrieb bei geringerem Andruck. Die Beurteilung der Interdentalräume ist unterschiedlich. Während an den Schneidezähnen alle unsauberen Zonen erfaßt werden, bleiben in den Seitenzahnbereichen zu viele Zonen unberührt. Auch hier unterliegt die Novodentbürste.

O H M und S O N N A B E N D (31) 1967 berichten über einen Großversuch mit den gleichen Bürsten an 421 Patienten in verschiedenen Orten Deutschlands. Die 130 Vibradent -, 149 Novodent- und 142 Broxodent-bürsten sind im Mittel 3 - 4 Monate im Gebrauch und es werden subjektive Angaben der Patienten vor und nach dem Test, als auch Erhebungen des untersuchenden Zahnarztes in einem Testbogen festgehalten. Bei diesen unkontrollierten Untersuchungen ergibt sich kein wesentlicher Unterschied zwischen den Fabrikaten.

An 43 Patienten mittels PMA-Index und Photos untersucht R I E T H E (34) 1965 den Einfluß einer konventionellen und 4 elektrischen Zahnbürsten auf die Gingiva. Es wurden die Fabrikate Broxodent, General-Electric, Riam und Stergal-Jet im Wechsel von 14 Tagen ausgegeben mit der Auflage, eine Gebißhälfte (die linke) morgens und abends zu putzen, die rechte Seite ungeputzt zu lassen. Der Versuch mit der Riambürste wurde vorzeitig abgebrochen, da das Zahnfleisch zu stark geschädigt wurde. Die reine Rotationsbewegung, flachgeschnittene Borstenenden, die Anordnung der Borsten und ihre Härte werden dafür verantwortlich gemacht. Auch die General-Electric setzt Läsionen durch flachgeschnittene Borstenenden und die falsche, nämlich horizontale, Bewegungsart "verschont" die Interdentalräume. Allein Broxodent und Stergal-Jet mit vertikalen Schwingbewegungen im Winkel von 60° und 34° und abgerundeten Borstenenden sind der mitgetesteten Handzahnbürste überlegen.

W E C K E R L E (40) 1965 berichtet über ausführliche Modell- und Patientenversuche mit 6 elektrischen Bürsten der Firmen

Krups: Novodent (Vibrationssystem)

General-Electric: Automatic-Touth-Brush (horizontale Schwingungen)

Ronson: Vibradent; Riam: Lectodent

Blendax: Broxodent; Firma Eska (alle 4 Vertikal-schwingungen).

An 20 Patienten werden die Bürsten an 6 aufeinanderfolgenden Tagen ausgegeben. Nach 5 Minuten Bürstzeit werden die Patienten nach ihrem subjektiven Urteil befragt. Mit einprozentiger Methylenblaulösung werden die angefärbten Zahnregionen objektiv verdeutlicht. An einem OK-Kunststoffmodell wird der Abrieb von Plakat-Farbe festgestellt, das Andruckgewicht wird auf einer Waagekonstruktion und die optimale Leistung in Abhängigkeit vom Andruckgewicht durch weiße Tafelkreide getestet. Das subjektive Patientenurteil bezog sich auf Bürstengröße, Härte, Schlagen, Vibration, Handlichkeit, Bedienung, Motorleistung. Befriedigend empfanden die Patienten Novodent, Ronson, Broxodent, weniger zufrieden waren sie mit General-Electric, und Riam wurde praktisch abgelehnt. Bezüglich Reinigung und Massage stellt Weckerle abschließend fest: die Ronson und Broxodent besitzen dank ihrer gut aufeinander abgestimmten Motorleistung, Schwingungsamplitude und Schwingungsfrequenz und nicht zuletzt dank ihrer zweckmäßigen Anordnung und Beschaffenheit der Borsten den besten Reinigungseffekt. Die Ronsonbürste ist durch ihre halbsphärisch abgerundeten Borstenenden mit Abstand das beste

Massageinstrument. Insgesamt hat sich das vertikale Schwingsystem als am zweckmäßigsten erwiesen. Ronson und Broxodent sind besser als Handzahnbürsten. Schlechter qualifizierte Geräte (Riam, General-Electric) erzielen einen geringeren Effekt als die Handzahnbürste und können sogar Schaden anrichten.

Es wurden also elektrische Zahnbürsten bisher durch die verschiedensten Laboratoriums- und Patienten-tests untersucht, wobei die Vorteile einer elektrischen Zahnbürste, die den gefundenen Anforderungen entspricht, nicht mehr zu leugnen sind.

Die unterschiedlichen Versuchsanordnungen, Versuchszeiten, und - soweit es die in vivo-Untersuchungen betrifft - verschiedenen Patienten lassen einen Vergleich zwischen den einzelnen Arbeiten nicht zu. Am häufigsten ist wohl die Broxodent-Bürste getestet worden, im deutschen Sprachraum gefolgt von Novodent (Krups) und Vibradent (Ronson), sowie Stergal-Jet, der Eska-Bürste und General-Electric. Die Riam-Bürste Lectodent darf wohl als obsolet betrachtet werden, ebenso die General-Electric.

In der folgenden Arbeit sollen sechs elektrische Zahnbürsten, die alle den bewährten Hauptanforderungen (Vertikalbewegung, glatte Borstenenden, kleiner Bürstenkopf) entsprechen, über einen längeren Zeitraum unter normalen Verbraucherbedingungen getestet und untereinander verglichen werden.

Am selben Probandengut zu denselben Untersuchungszeiten testete C L A U S S E N (7) die sechs

Bürsten auf ihren Reinigungseffekt durch eine Plaque-Bewertungsmethode, während die Wirkung der Bürsten auf die Parodontien in dieser Arbeit durch eine PMA-Testmethode und Sulcus-Fluid-Messungen untersucht werden soll.

B Material und Methoden

I. Die Bürsten

1. Beschreibung der Bürsten

Von jedem der 6 Fabrikate standen 18 Stück elektro-mechanischer Zahnbürsten im Vergleich, sodaß insgesamt 108 fabrikneue Bürsten getestet wurden.

Die Marken waren:

1. AEG: Modell Princess, Typ ZB
E-Nr. 616501000
2. Blend-a-med Forschung: Modell
BROXODENT
3. PHILIPS: Aufladbare Zahnbürste
MP 5202 made in Holland
4. REMINGTON: Frankfurt/Main; Modell RT-1
Sperry Rand
5. RONSON: Köln-Kalk, Modell Vibradent
Best. Nr. PV 42
6. Aqua Tec USA; Water Pic, TOUCH TRONIC
ET 10 Modell 1052

Im weiteren Text werden nur die hier unterstrichenen Bezeichnungen verwendet.

In der folgenden Tabelle sind die technischen Hauptmerkmale der Bürsten zusammengestellt. Subjektive Beurteilungen der 6 Bürstenfabrikate und ihrer Wirkungsweise hat C L A U S S E N (7) in seiner getrennten Arbeit in einer Tabelle dargestellt, auf die in diesem Zusammenhang besonders hingewiesen wird.

Tabelle 3

Technische Daten der sechs Testbürsten - Längenangabe in mm

Technische Merkmale folgender elektr. Zahnbürsten	Broxodent	Philips	Touch Tronic	Remington	Ronson	AEG
Länge des Borstenbettes	17	22	17,5	18	20	16,6
Gesamtlänge der Aufsteckbürste	75	75	77	85,5 ohne Gewindeteil	75	75
Distanz: letzte Borste zu äußerstem Ende der Bürste	2,5	2	2,5	2,5	2	1,5
Breite des Borstenbettes	7	5	7	6,5	5,5	7
Bürstenkopflänge	22	26,5	22	23	24	20
Borstenbündel	1 1/4	19	21	22	19	15
Borsten pro Bündel, ca.	80	32	60	32	22	44
Borsten insgesamt, ca.	1100	608	1260	704	418	660
Länge der Borsten	9	10	7,7-9	9,3	10	9,6-11,1
Durchmesser der Borsten	0,15	0,25	0,15	0,2	0,2	0,2
Material der Borsten	(Rilsam) Nylon	Nylon	Nylon	Nylon	Nylon	Nylon
Beschaffenheit d. Borstenenden	rund	rund	rund	rund	rund	rund
Art der Bewegung	vertikal Schwingung	vertikal Schwingung	kreisförm. mit Achse um Exenter	Vibration	vertikal Schwin- gung	vertikal Schwin- gung

Fortsetzung der Tabelle 3

	Broxodent	Philips	Touch Tronic	Remington	Ronson	AEG
Bürstenfrequenz (Hz)	50	38	38	112	95	39
(Schwingbewegung) Gesamtlauflauf der Borsten	8,5	7	7,5	2	7,5	4
Art der Energieversorgung	Netz 220 V	Akku	Akku	Akku	Trafo 5V- Netz 220V	Akku
Kraftübertragung auf die Bürsten	elastisch	starr	starr	elastisch	starr	starr
Borstenprofil	gerade	gerade	flachrund	gerade	gerade	schiefe Ebene
Borstenlängsreihen	3	3	3	3	3	3
Borstenquerreihen	5-6	7	7	8	7	5
Richtung der Querreihen	diagonal	diagonal	vertical	diagonal	diagonal	vertical
Bündelabstand längs ca.	1,8	1,5	1,0	0,7	1,6	1,8

Die Größe der Gingivastimulation hängt bei elektro-mechanischen Zahnbürsten nach R I E T H E (35) von vorwiegend vier Faktoren ab:

1. Art der Bewegung
2. Geschwindigkeit
3. Härte der Borsten (Länge, Durchmesser, Qualität, Borstenenden)
4. den Druck, mit dem die Bürste gehandhabt wird.

Während 1. - 3. durch die technische Herstellung festgelegt ist, unterliegt 4. dem individuellen Einfluß. R I E T H E (34) stellt außerdem fest, daß die Leistungen oder Schwächen der spezifischen Bürstentypen weitgehend mit deren technischen Daten übereinstimmen.

Danach sind Bürsten mit Vertikalbewegung, abgerundeten Borstenenden, weiter Schwingbewegung (7 mm) hoher Geschwindigkeit und geringerer Bürstenhärte anderen Daten überlegen.

Bei den hier getesteten Bürsten führten vier reine Vertikalschwingungen aus. In der elliptischen Bewegung der Touch Tronic-Bürste ist die Vertikalkomponente zumindest mitbeteiligt, inwieweit das auch für die Vibration der Remington zutreffen könnte, unterliegt Spekulationen. Die Spezifikation "Geschwindigkeit" wird hier von der Frequenz bestimmt. Danach stünde die Remington-Bürste an erster Stelle. Von den vertikal schwingenden Bürsten stehen Ronson und Broxodent vorn. Über die Härte der Bürsten kann indirekt durch die Spezifikationen "Anzahl der Borsten", "Anzahl der Borstenbündel", "Länge" und "Durchmesser der Borsten", sowie "Beschaffenheit der Borstenenden"

etwas ausgesagt werden. Danach sind auffällige Unterschiede nicht feststellbar.

2. Versuchsanordnung

Die Bürsten wurden an 18 Probanden über einen Zeitraum von 2 x 14 Wochen getestet. Jede Bürste wurde in Anlehnung an die Technik des Lateinischen Quadrates von allen Probanden einen Monat lang benutzt, und zwar in der Weise, daß die Bürste A im ersten Monat von jeweils 3 Probanden vor Bürste B (Zeile 1 in Abbildung 1) des zweiten und Bürste C des dritten Monats, sowie vor C und B (Zeile 6) benutzt wurde. Im zweiten Monat stand sie dann in der Reihenfolge einmal nach B und vor C (Zeile 2) und einmal nach C vor B (Zeile 4). Im dritten Monat war die Reihenfolge entsprechend nach C im ersten und B im zweiten (Zeile 3), sowie B im ersten und C im zweiten Monat (Zeile 5). Das bedeutet, daß jede Bürste in jedem Monat von jeweils 3 Probanden in der Reihenfolge einmal als erste, einmal zwischen und einmal als letzte der jeweils anderen Bürsten getestet wurde. Das gleiche geschah in der zweiten Versuchshälfte mit den Bürsten D, E und F.

Dabei entsprachen

- A : Ronson
- B : AEG
- C : Remington
- D : Broxodent
- E : Philips
- F : Touch Tronic

Abbildung 1

Schema des Lateinischen Quadrates

Zeile	Probanden			Monat					
				I	II	III	IV	V	VI
1	1	7	13	A	B	C	D	E	F
2	2	8	14	B	A	C	E	D	F
3	3	9	15	C	B	A	F	E	D
4	4	10	16	C	A	B	F	D	E
5	5	11	17	B	C	A	E	F	D
6	6	12	18	A	C	B	D	F	E

II. Die Probanden

Alle 18 Probanden waren Studenten der Zahnheilkunde im Alter zwischen 23 und 27 Jahren. Sie hatten alle ein parodontal suffizientes Gebiß, die Zahnzahl pro Gebiß betrug 14 bis 29 Zähne und verteilte sich wie folgt:

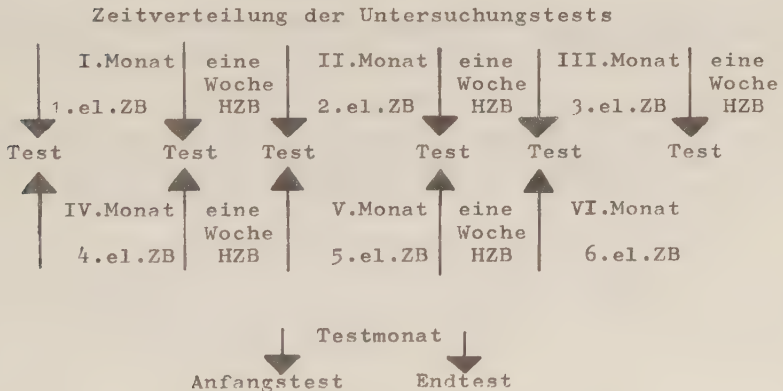
Anzahl der Zähne pro Gebiß	14	23	24	25	26	27	28	29
Anzahl der Probanden	1	1	-	2	2	4	7	1

Bis zu Beginn der Versuchsreihe hatten sie ihre Mund-toilette mit handelsüblichen Handzahnbürsten durchgeführt und dabei verschiedene Marken Zahnpasten benutzt. Nun wurden sie angewiesen, die Zeitdauer und Zeitpunkte ihrer Putzgewohnheiten beizubehalten. Als

Putzmittel wurde ihnen eine markenmäßig unbenannte Zahnpasta für die Dauer des Versuchs zur Verfügung gestellt.

Die elektrischen Bürsten wurden jeweils für einen Monat ausgeteilt und am Anfang sowie am Ende des Monats wurden an jedem Probanden zwei Tests vorgenommen, die den jeweiligen Zustand der parodontalen Verhältnisse objektiv festhalten sollten. Um für alle Bürsten gleiche Ausgangssituationen zu schaffen, wurden zwischen die 6 Testmonate jeweils eine Woche eingeschaltet, während der die Probanden ihre altgewohnte Zahnbürste und -pasta benutzten, sodaß sich die zeitliche Verteilung folgendermaßen ergab:

Abbildung 2



Diese Zeitverteilung 1 Woche : 4 Wochen wurde festgelegt, da einmal nach R I E T H E (36) eine Woche ausreicht, um aus dem ständig vorhandenen mononucleären

Mucoidfilm über mehrere Verkalkungsphasen unterschiedlicher Keimbesiedelung mehr oder weniger festhaftende Plaques entstehen zu lassen, zum anderen nach S A N D M E I E R / K E T T E R L / R A T E I T S C H A K (38) parodontale Entzündungsgrade nach Curettage, also nach Ausschaltung subgingivaler Reize, in vier Wochen eine signifikante Verringerung aufweisen.

Das besagt, daß unter ungünstigen Mundhygieneverhältnissen Beläge in 1 Woche sich zu festen Plaques ausbilden und unter günstigen Verhältnissen dadurch entstandene Zahnfleischentzündungen in 4 Wochen abheilen können.

III. Die Tests

Bei den zwei Tests handelt es sich um:

1. die Bestimmung des PMA-Index nach M A S S L E R und S C H O U R (26), dessen Protokoll wie folgt aussieht:

Abbildung 3
Protokoll des PMA-Index

	Anzahl		
entzündete Papille	P		x 1 =
entzündete marginale Gingiva	M		x 2 =
entzündete alveoläre Gingiva	A		x 3 =
			Summe S:

$$J = \frac{S}{3 \times Z} \times 100 \%$$

J =

(Z = Anzahl der Zähne)

(S = Summe der entzündeten Parodontien)

2. die Messung der Taschensekretfließgeschwindigkeit
= Sulcus-Fluid mithilfe genormter Filterpapier-
streifen nach der von L Ö E und H O L M -
P E D E R S E N (24) angegebenen intracrevikulären
Methode, wobei in der oberen Front die Zähne
21, 22, 23 und in der unteren Front die Zähne
41, 42, 43 bemessen wurden.

Zu 1 a) Der Parodontalbefund

Um Parodontalerkrankungen statistisch zu erfassen,
entwickelten M A S S L E R und S C H O U R 1950 (26)
einen Index, der den Forderungen nach quantitativem

Aussagewert, rascher und praktischer Anwendbarkeit und Reproduzierbarkeit gerecht werden konnte. Sie gingen von der Erkenntnis aus, daß eine Entzündung des Parodontiums an der Papille der Gingiva beginnt und sich mit zunehmender Intensität über die Marginale auf die Alveoläre angewachsene Gingiva ausbreitet. Dieser PMA-Index ist rein topographisch orientiert und vernachlässigt unterschiedlich starke Entzündungsgrade der einzelnen Parodontien. In verschiedenen nach Massler und Schour modifizierten PMA-Indices wurden für die unterschiedlichen Entzündungsgrade subjektive Bewertungsbegriffe wie "normal", "pathologisch", "blaßrosa", "geringgradige Rötung" und "livide Verfärbung" benutzt, die aber besonders bei beginnender Parodontitis nur sehr schwer exakt zu erkennen sind.

Um objektive Merkmale zu erhalten und um die Entzündungen so früh wie möglich zu erfassen, definierte M Ü H L E M A N N (29) 1958 vier Entzündungsgrade, deren Übereinstimmung mit feingeweblichen Befunden E N G E L B E R G E R (11) bestätigte, nach folgenden Kriterien:

Grad 0 = normal, entzündungsfrei

Grad 1 = P- oder M-Einheiten erscheinen "normal". Bei schonungsvoller Sondierung des Sulcus Gingivae mit stumpfer Sonde jedoch leichtes Bluten, das erst mehrere Sekunden nach der Sondierung auftreten kann.

Grad 2 = Deutliche entzündliche Veränderungen der Farbe von P, M oder A (Zyanose, Rötung), keine ödematöse Verdickung, Blutung nach

Sondierung.

Grad 3 = Entzündliche Verdickung oder Schwellung durch Ödem, mit oder ohne Farbänderung, blutend. Sekretbildung. (Nichtblutende Zahnfleischhyperplasien ohne entzündliche Verfärbung werden als entzündungsfrei bewertet.)

Grad 4 = Zusätzliche Ulzeration.

Die Entzündungsgrade 3 und 4 konnten am Probandengut dieser Arbeit nicht festgestellt werden.

Zu 1 b) Meßmethode und Durchführung

Da der Einfluß der Bürsten auf die Parodontien aller Zähne getestet werden sollte, wurde der PMA-Index von M A S S L E R und S C H O U R (26) nicht nur auf die zehn Frontzahnwerte (nach deren Empfehlung repräsentativ für das gesamte Gebiß L E H N E R T (23) S. 58) beschränkt, sondern für alle Parodontien erstellt.

Um eine "normale" Gingiva von geringgradigen Entzündungen zu unterscheiden, wurde der "Sondentest" nach Mühlemann (siehe obige Beschreibung unter 1 und 2) in Abwandlung der rein topographischen Indexbestimmung nach M A S S L E R und S C H O U R (26) angewendet.

PMA-Einheiten an Kronen und Brückenpfeilern wurden nicht bewertet, da Kronenränder erfahrungsgemäß einen

ständigen Reiz auf die Marginale Gingiva ausüben können, der auch durch maschinelles Putzen nicht günstig beeinflusst wird.

Die Bestimmung der PMA-Indices folgte im Anschluß an die SF-Messungen, damit diese Werte nicht durch den Sondentest beeinflusst wurden.

Zu 2 a) Sulcus Fluid

Wie die Untersuchungen von B R I L L (4, 5) bestätigten, ist das Epithel der Zahnfleischtaschen das einzige Gewebe im Organismus, das ein Hindurchsickern von Gewebsflüssigkeit aus dem subepithelialen Bindegewebsraum durch mehrschichtiges Plattenepithel zuläßt. Diese Zahnfleischflüssigkeit wird heute in der Literatur allgemein als Sulcus-Fluid bezeichnet und man versteht darunter ein entzündliches, zellhaltiges Exsudat (4, 9, 25). Von einer gesunden Gingiva ist keine oder nur wenig SF gewinnbar, mit steigendem Entzündungsgrad (10, 26) und zunehmender Taschentiefe (3, 25) tritt vermehrt SF auf, da die normale und relativ dichte Bindegewebsstruktur sich mit verstärkender Entzündung immer mehr auflockert.

Deshalb kann die Messung der Sekretionsgeschwindigkeit des Sulcus Fluid zur Erfassung des Entzündungsgrades herangezogen werden.

Sulcus Fluid ist ein vasculäres Exsudat, das sich zusammensetzt aus:

α -Aminosäuren, Plasma-Proteinen, verschiedenen Elektrolyten, fibrinolytischen Faktoren und zellulären

Elementen (18). Die α -Aminosäuren hat B R I L L (6) schon 1959 mithilfe von Ninhydrin nachgewiesen und damit ein probates Mittel zur quantitativen Bestimmung des Sulcus Fluid gefunden.

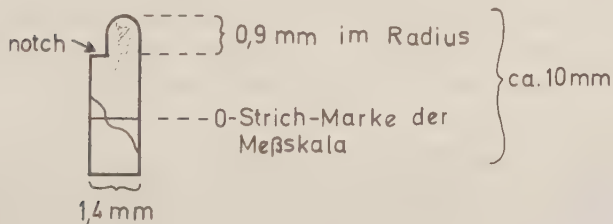
Zu 2 b) Meßmethode und Durchführung

Die Intracreviculäre Methode (28, 41) zur SF-Gewinnung mit Filterpapierstreifchen wurde gewählt, da sie nach Z ' G R A G G E N (41) am gleichen Probanden über einen längeren Zeitraum für klinische Untersuchungen eher geeignet ist als die Extracreviculäre Methode (24). Auf die Kollektionsmethode durch Kapillarpipetten nach K R A S S E und E G E L B E R G (22) wurde wegen der großen Menge an Untersuchungsmaterial aus technischen Gründen verzichtet.

Um das Sulcusepithel möglichst wenig zu traumatisieren, hatten die Filterpapierstreifen ein rundes Ende, das sich durch eine Einkerbung -notch- deutlich vom übrigen Streifen abhob -siehe Abbildung 4.

Abbildung 4

Abbildung eines Filterpapierstreifchens



Dadurch wurde erreicht, daß alle Strips bei allen Probanden ungefähr gleichtief in die Sulci eingeführt wurden, soweit sie nicht schon vorher durch den Widerstand flacher Sulci am weiteren Eindringen gehindert waren. Die Strips wurden mit einer Kerbzange aus Filterpapier gestanzt, sodaß sie durch dieses Herstellungsverfahren je eine leicht konkave und konvexe Fläche erhielten. Während der Tests wurde darauf geachtet, daß stets die konkave Fläche zahnwärts gerichtet war, damit der aufgewölbte Rand das Sulcusepithel nicht reizte. Mit Watterollen, Speichelsauger und Warmluftbläser wurden die zu untersuchenden oberen und unteren Frontzahngebiete sorgfältig und schonend getrocknet, wobei der Luftstrom aus circa 20 cm Entfernung abgegeben wurde, um auch diesen Reiz auf die Gingiva zu reduzieren -- siehe Hinweis von Z ' G R A G G E N (41) --. Mit einer zahnärztlichen Pinzette wurden die Strips labial in den am weitesten apicalwärts auslaufenden Marginalsaum der Zähne 21, 22, 23, 41, 42 und 43 in paralleler Richtung zur Zahnlongsachse appliziert und unter Stoppuhrkontrolle 3 Minuten lang belassen. Entfernt wurden die Strips in der Reihenfolge, in der sie angelegt wurden. In nach jedem Probanden nummerierten Einweggefäßen wurden die Strips gesammelt, bei Zimmertemperatur getrocknet, anschließend mit je einem Tropfen 0,2 %iger Alkohol. Ninhydrinlösung befeuchtet und in einem Brutofen für rund 30 Minuten bei 60° C entwickelt. Die mit Sulcus Fluid vollgesogene Filterpapierstrecke färbte sich blauviolett. Mit glasklarem Selbstklebeband wurden

die Strips auf Objektträger fixiert und die angefärbten Partien mit einer 8fach vergrößernden Meßlupe mit $1/10$ mm-Einteilung longitudinal gemessen. Die Meßskala wurde parallel zum auszumessenden Strip auf den Objektträger gelegt, der Nullstrich über das Ende der angefärbten Strecke geführt und der Wert beim runden Ende abgelesen. Die Werte wurden zum nächstliegenden $1/10$ mm auf- oder abgerundet. Bei nicht rechtwinkelig zum Strip endender Farbstrecke wurde der Nullstrich durch die geschätzte Mitte zweier benachbarter Skalenteile gelegt. Nicht angefärbte Strips oder solche mit nur einigen angefärbten Fasern wurden mit 0 bewertet. Blutig tingierte Strips kamen in dieser Untersuchungsreihe nicht vor. Um systematische Fehler zu reduzieren, wurden alle Arbeitsgänge vom Untersucher selbst am Testtage durchgeführt.

C Statistische Methoden und Ergebnisse

Bei der Bestimmung der PMA-Indices wurden insgesamt 1296 Einzelwerte gesammelt, zusammengesetzt aus den Faktoren 6 Bürsten, 18 Probanden, 12 Untersuchungen pro Proband. Bei den Sulcus-Fluid-Messungen kam noch der Faktor 6 (2x3 Strips pro Test und Proband) hinzu, sodaß sich 8376 Einzelwerte ergaben.

Ziel der Statistischen Auswertung war es, die aus den Differenzwerten der einzelnen Untersuchungen gefundenen Mittelwerte im Zusammenhang mit den gefundenen Streuungen zu untersuchen.

I. Meßergebnis der PMA-Indices

Schon während der Untersuchungen der Probanden zeigte sich, daß bei der Ermittlung der PMA-Indices nicht die erhoffte Menge an Zahlenmaterial zu erhalten war. Die Probanden waren im Durchschnitt 25 Jahre alt, alle Studenten der Zahnmedizin und sich damit der Bedeutung der Mundhygiene bewußt. Es litt keiner an einer Zahnfleischerkrankung, deren Bewertung des Entzündungsgrades nach den von M Ü H L E M A N N (29) festgelegten Kriterien (siehe Seite 26) mit Grad 3 und 4 belegt werden konnte. Selbst die Bewertungsgrade 1 und 2 traten nur ganz vereinzelt auf. Andererseits war auch keine elektrische Zahnbürste im Test, die das Zahnfleisch so schädigte, daß dies mit dem PMA-Index nach M A S S L E R und

S C H O U R (26) festzustellen gewesen wäre.
Mit der geringen Anzahl der von 0 verschiedenen
Werte (siehe Tabelle 4) - für jede elektrische
Zahnbürste bei 18 Probanden im Durchschnitt nur
4,3 Werte - kann ein statistischer Mittelwerts-
vergleich nicht durchgeführt werden.

Tabelle 4

Differenzwerttabelle der PMA-Indices

Pro- band	Ronson	AEG	Reming- ton	Broxo- dent	Philips	Touch Tronic
1	-1334	+1733	+ 267	-133	+666	+766
2	0	-1603	0	+371	+247	+123
3	0	+ 580	0	0	0	0
4	0	+ 385	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	+1605	+247	0	0
7	- 495	+ 123	+ 246	0	0	0
8	- 119	- 239	+ 238	+238	+238	+119
9	- 769	0	+1667	+119	+119	-119
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	+ 486	0	+ 833	0	0	-119
14	0	- 119	0	0	0	0
15	+ 128	- 128	0	-257	-257	-128
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	- 486	0	0	0	0

II. Meßergebnisse der Sulcus-Fluid-Werte

Die Meßergebnisse wurden einer 4-fachen Varianzanalyse unterzogen. Daran anschließend folgte die Berechnung der Konfidenzintervalle für die benötigten Mittelwertkontraste nach dem TUKEY-Verfahren.

Bezüglich der Einzelheiten der benutzten statistischen Verfahren sei auf die Fachliteratur verwiesen (39). Hier sollen nur einige Anmerkungen gemacht werden, die das Verständnis der Ergebnistabellen erleichtern. Die Varianzanalyse eliminiert aus der Gesamtstreuung der Meßergebnisse die Streuung einzelner Einflußgrößen (Faktoren), sowie deren gegenseitige Beeinflussung (Wechselwirkung) und beurteilt diese unabhängig voneinander.

In der ersten Spalte der Varianzanalysetabelle (Tabelle 5) werden diese Faktoren der Wechselwirkungen aufgeführt. Die zweite Spalte (Summe der Abweichungsquadrate = SAQ) enthält die entsprechenden Anteile an der Gesamtstreuung. Die Division der SAQ durch die sogenannten Freiheitsgrade (FQ, dritte Spalte) führt zu den mittleren Abweichungsquadraten (MAQ) die in Spalte vier aufgezeigt werden und das eigentliche Streuungsmaß beinhalten.

Die Beurteilung der Mittelwertdifferenzen wird mit Hilfe von Konfidenzintervallen erreicht. Die hier benutzten von TUKEY angegebenen Konfidenzintervalle haben die Form:

$$\hat{L} - \sqrt{\frac{\text{MAQ}}{r} N} q_{1-p/k/f} \leq L \leq \hat{L} + \sqrt{\frac{\text{MAQ}}{r} N} q_{1-p/k/f}$$

$\hat{L}$ = der zu beurteilende Mittelwertkontrast der Stichprobe

L = der entsprechende Kontrast der Grundgesamtheit

$\frac{\text{MAQ}}{r} N$ = Varianz der Kontraste

MAQ_N = das aus der Varianzanalysentabelle entnommene
MAQ

r = die Anzahl der jedem Mittelwert zugrundeliegenden Einzelmessungen

$q_{1-p/k/f}$ = die obere Signifikanzschranke des studentischen Extrembereiches

$1-p$ = Sicherheitswahrscheinlichkeit

k = Anzahl der Mittelwerte,

f = Anzahl der Freiheitsgrade von MAQ_N

Eine Mittelwertsdifferenz L ist dann signifikant von 0 verschieden, wenn sie größer ist als der Ausdruck

$$d_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{\text{MAQ}}{r} N} q_{1-p/k/f}$$

Durch den Versuchsplan 6 Bürsten, 18 Probanden, 2 Kiefer, 6 Zähne ergibt sich eine Varianzanalysentabelle mit 15 Zeilen (Tabelle 5).

Tabelle 5

Varianzanalysetabelle

auffällig : $x p = 0,05$; Signifikant: $xx p = 0,01$

Faktoren oder Wechselwirkungen	SAQ	FQ	MAQ	Beurteilung	
				F-Wert	
1 Bürste	15,038	5	3,008	1,05	
2 Zahn	2,520	2	1,260	1,59	
3 Kiefer	2,371	1	2,371	2,74	
4 Proband	26,036	17	1,532	1,94	
5 Zahn/Bürste	7,687	10	0,769	1,34	
6 Kiefer/Bürste	13,624	5	2,725	2,59	x
7 Proband/Bürste	243,904	85	2,869	3,63	xx
8 Zahn/Kiefer	1,947	2	0,973	1,72	
9 Zahn/Proband	26,905	34	0,791	1,0	
10 Kiefer/Proband	14,706	17	0,865	1,10	
11 Zahn/Kiefer/Bürste	19,289	34	0,567	0,72	
12 Zahn/Kiefer/Bürste	5,074	10	0,507	0,64	
13 Zahn/Kiefer/Bürste	97,248	170	0,572	0,72	
14 Kiefer/Proband/Bürste	89,379	85	1,052	1,33	
15 Rest	134,289	170	0,790	-	

Aus der Varianzanalysetabelle (Zeile 1. - 4) ist zu ersehen, daß die vier Faktoren Bürste, Zahn (Unterschiede zwischen den 6 untersuchten Frontzähnen) Kiefer, Proband keine gesicherten Wirkungen auf die SF-Werte aufweisen.

Dagegen verdeutlichen die einmal statistisch auffällige Wechselwirkung Kiefer/Bürste, und die signifikante Wechselwirkung Proband/Bürste - Zeile 6 und 7 der Tabelle 5 -, daß einmal zwischen den einzelnen Probanden, zum anderen zwischen OK und UK Unterschiede in der Rangfolge der einzelnen Bürsten bestehen.

Um die Wechselwirkungen Proband/Bürste - Zeile 7 der Tabelle 5 - weiter zu untersuchen, wurden in Tabelle 6 die aus jeweils 6 SF-Messungen berechneten Mittelwerte beider Kiefer von 18 Probanden und 6 elektrischen Zahnbürsten gegenübergestellt. Für jeden Probanden kann so die beste elektrische Zahnbürste ermittelt werden. Die Zahlen in den rechten unteren Ecken der einzelnen Kästchen in Tabelle 6, 10 und 11 geben diese Rangfolge an.

Außerdem beweisen diese Zahlen, daß die Reihenfolge bei keinem der 18 Probanden identisch ist. Tabelle 7 zeigt die Rangfolge über alle 18 Probanden gemittelt, für OK und UK getrennt und für beide Kiefer zusammen.

Durch Vergleichsmatrizen - Tabelle 8, 12 und 13 - können für diese drei Rangfolgen die einzelnen Mittelwertsdifferenzen wiedergegeben werden. In einer Vergleichsmatrix werden die Mittelwerte einmal in senkrechter, einmal in waagerechter zu-

nehmender Reihenfolge einander gegenübergestellt und die Differenzen in die entsprechenden Zuordnungskästchen eingetragen. Dabei entsteht eine Zahlenfolge, die von oben nach unten, sowie von rechts nach links abnimmt und deren höchster Wert im oberen am weitesten rechts stehenden Kästchen zu finden ist.

Vergleicht man für jeden Probanden einzeln die SF-Mittelwerte aller Bürsten und beider Kiefer miteinander, ergibt sich, daß lediglich bei Proband 1 die einzelnen Mittelwertsdifferenzen einiger Bürsten statistisch gesichert sind (Tabelle 9 eingerahmte Kästchen). Schlüsselt man die Mittelwerte für OK und UK getrennt auf, so ergeben sich für den OK-Tabelle 12 - keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den Bürsten. Die statistisch auffälligen Wechselwirkungen der Zeile 6 in der Varianzanalysetabelle erklärt sich allein durch die Mittelwertbefunde der elektrischen Zahnbürsten für den UK. Aus Tabelle 13 ist zu ersehen, daß sich im UK die Bürsten Philips, Touch Tronic und Ronson statistisch gesichert unterscheiden.

Aus den Mittelwertbefunden der Bürsten getrennt nach OK und UK (aus den Tabellen 10 und 11) wurde für jeden einzelnen Probanden eine Vergleichsmatrix erstellt und die Differenzen ermittelt, die den kritischen Wert der Bürstenvergleiche für den einzelnen Kiefer und Probanden $d_{\text{krit.}} = 0,655$, überschreiten.

In Tabelle 14 für den OK und in Tabelle 15 für den UK wurde eine identische Bürstenanordnung für alle

Probanden angefertigt, um einen optischen Vergleich von Proband zu Proband zu ermöglichen. Für den OK wurde lediglich bei zwei Probanden, 6 und 10, und für den UK bei Proband 3 für keinen der Bürstenvergleiche der kritische Wert erreicht, daher sind ihre Einzelbilder in den entsprechenden Abbildungen weggelassen worden.

Aus Bild 19 der Tabelle 14 für den OK kann man ersehen, daß am häufigsten die Bürste Ronson gegen AEG die kritische Diff. überspringt, während sich alle anderen Bürsten untereinander annähernd gleichhäufig unterscheiden. Bild 19 der Tabelle 15 für den UK zeigt, daß der größte Unterschied zwischen Remington und Philips festzustellen ist (14 mal), gefolgt von AEG und Ronson gegen Remington (je 12 mal) und der geringste Unterschied zwischen Remington und Philips (3 mal) besteht.

Verglichen mit Tabelle 13 für alle 18 Probanden, in der ein Hauptunterschied zwischen Touch Tronic und Ronson gegen Philips gefunden wurde, besteht auch hier keinerlei Übereinstimmung.

Die Unterschiede zwischen den Bürsten ändern sich von Proband zu Proband und von OK zu UK. Die Bürstenreihenfolge ist bei allen Probanden unterschiedlich, so daß keine statistisch gesicherten Aussagen über eine Rangfolge der elektrischen Zahnbürsten gemacht werden können.

Tabelle 6

Mittelwerttabelle der Sulcus-Fluid-Messungen von
Oberkiefer und Unterkiefer

(die Zahlen in den rechten unteren Ecken verdeutlichen
die Rangfolge der Bürsten für jeden der 18 Probanden)

	Ronson	AEG	Remington	Broxo- dent	Philips	Touch Tronic
1	-1,483 ₅	-1,150 ₄	+1,067 ₂	+0,850 ₃	+2,783 ₁	-3,300 ₆
2	+0,183 ₄	+0,350 ₃	+1,117 ₁	+0,500 ₂	-0,367 ₆	+0,083 ₅
3	-0,067 ₆	+0,300 ₁	-0,200 ₄	+0,267 ₂	-0,217 ₅	+0,083 ₃
4	-0,500 ₅	-0,033 ₄	+0,800 ₂	+0,833 ₁	+0,283 ₃	-0,583 ₆
5	-0,983 ₆	+0,117 ₃	+0,217 ₂	-0,350 ₄	-0,583 ₅	+0,667 ₁
6	-0,050 ₄	+0,067 ₅	-1,033 ₆	+0,183 ₃	+0,400 ₁	+0,217 ₂
7	-0,550 ₆	-0,233 ₁	-0,383 ₃	-0,383 ₂	-0,483 ₅	-0,383 ₄
8	+0,0 ₃	-0,067 ₄	-0,650 ₆	-0,267 ₅	+0,133 ₂	+1,150 ₁
9	+0,150 ₃	+0,350 ₂	+0,017 ₅	+0,083 ₄	+0,400 ₁	-0,100 ₆
10	-0,350 ₄	+0,067 ₂	-0,450 ₅	+0,133 ₁	-0,117 ₃	-0,567 ₆
11	-0,200 ₄	+0,383 ₂	-0,417 ₅	-0,667 ₃	+1,217 ₁	-0,617 ₆
12	+0,300 ₁	-0,617 ₅	-0,683 ₆	+0,500 ₄	+0,200 ₂	+0,167 ₃
13	-1,600 ₆	+0,100 ₄	+0,267 ₁	-0,550 ₅	+0,183 ₃	+0,233 ₂
14	+1,167 ₁	-0,100 ₅	+0,417 ₂	+0,250 ₄	-0,117 ₆	+0,417 ₃
15	-0,683 ₆	+0,817 ₁	-0,467 ₄	-0,400 ₃	-0,183 ₂	-0,667 ₅
16	-0,517 ₅	-0,083 ₂	+0,350 ₁	-0,433 ₄	-0,167 ₃	-0,983 ₆
17	-0,100 ₅	+0,517 ₁	+0,133 ₂	+0,017 ₃	-0,267 ₆	-0,100 ₄
18	+0,567 ₁	-0,050 ₃	-0,233 ₅	-0,283 ₆	-0,083 ₄	+0,183 ₂

Tabelle 7

über alle Probanden und alle Zähne gemittelte SF-Werte
den Bürsten und den Kiefern gegenübergestellt.

gemittelt über	Ronson	AEG	Reming- ton	Broxo- dent	Philips	Touch Tronic
alle OK	-0,119	+0,170	-0,013	+0,061	-0,035	+0,033
alle UK	-0,406	-0,089	-0,002	-0,013	+0,370	-0,489
OK + UK	-0,262 ₆	+0,041 ₂	-0,007 ₄	+0,024 ₃	+0,168 ₁	-0,228 ₅

Tabelle 8

Vergleichsmatrix für OK und UK-Werte aus Tabelle 7

$$d_{\text{krit.}} = 2,93$$

	5 Touch Tronic -0,23	4 Reming- ton -0,01	3 Broxo- dent +0,02	2 AEG +0,04	1 Philips +0,17
6 Ron -0,26	0,03	0,25	0,28	0,30	0,43
5 TT -0,23		0,22	0,25	0,27	0,40
4 Rem -0,01			0,03	0,05	0,18
3 Brox +0,02				0,02	0,15
2 AEG +0,04					0,13

Tabelle 9

Vergleichsmatrix der OK und UK-Werte für Proband 1

$$d_{\text{krit.}} = 2,93$$

	5 Ronson -1,48	4 AEG -1,15	3 Broxodent +0,85	2 Remington +1,07	1 Philips +2,78
6 TT -3,30	1,92	2,25	4,15	4,37	6,08
5 Ron -1,48		0,33	2,33	2,15	4,26
4 AEG -1,15			0,30	2,22	3,93
3 Brox +0,85				0,22	1,93
2 Rem +1,07					1,71

Tabelle 10

Mittelwerte der Sulcus-Fluid-Messungen vom Oberkiefer

Pro-band	Ronson	AEG	Remington	Broxodent	Philips	Touch Tronic
1	-0,567 ₄	-0,833 ₅	+0,600 ₂	+0,400 ₃	+1,000 ₁	-2,433 ₆
2	+0,367 ₁	+0,133 ₃	+0,267 ₂	-0,067 ₄	-0,433 ₆	-0,067 ₅
3	-0,033 ₄	+0,767 ₁	-0,133 ₅	+0,200 ₃	-0,200 ₆	+0,300 ₂
4	-0,100 ₅	+0,300 ₃	+0,867 ₂	+1,400 ₁	+0,067 ₄	-0,333 ₆
5	-0,600 ₆	+0,267 ₂	-0,133 ₄	-0,133 ₃	-0,333 ₅	+0,467 ₁
6	+0,100 ₅	+0,367 ₃	-0,133 ₆	+0,433 ₂	+0,500 ₁	+0,100 ₄
7	-0,567 ₅	-0,367 ₄	-0,333 ₃	-0,133 ₂	-0,800 ₆	+0,167 ₁
8	+0,067 ₂	+0,0 ₃	-0,500 ₆	-0,133 ₄	-0,300 ₅	+2,333 ₁
9	-0,167 ₄	+0,533 ₂	+0,500 ₃	+0,567 ₁	-0,767 ₆	-0,233 ₅
10	-0,100 ₃	-0,033 ₂	-0,200 ₄	+0,167 ₁	-0,233 ₆	-0,233 ₅
11	-0,367 ₄	+0,333 ₂	-0,500 ₅	+0,133 ₃	+0,700 ₁	-0,567 ₆
12	+0,300 ₁	-1,167 ₆	-0,600 ₅	-0,267 ₄	+0,167 ₃	+0,267 ₂
13	-0,733 ₅	+0,300 ₂	-1,267 ₆	+0,067 ₆	+0,067 ₃	+0,733 ₁
14	+1,600 ₁	+0,030 ₄	-0,333 ₆	+0,233 ₃	-0,100 ₅	+0,967 ₂
15	-0,633 ₆	+0,867 ₁	-0,333 ₄	+0,333 ₂	-0,033 ₃	-0,733 ₅
16	-0,533 ₆	+0,233 ₂	+0,533 ₁	-0,233 ₅	+0,100 ₃	+0,067 ₄
17	-0,333 ₆	+0,933 ₁	-0,033 ₄	+0,0 ₃	+0,267 ₂	-0,100 ₅
18	+0,167 ₃	+0,400 ₁	+0,267 ₂	-0,533 ₆	-0,300 ₅	-0,100 ₄

Tabelle 11

Mittelwerte der Sulcus-Fluid-Messungen vom Unter-
kiefer

Pro-band	Ronson	AEG	Remington	Broxodent	Philips	Touch Tronic
1	-2,400 ₅	-1,467 ₄	+1,533 ₂	+1,300 ₃	+4,567 ₃	-4,167 ₆
2	+0 ₅	+0,567 ₃	+1,967 ₁	+1,067 ₂	-0,300 ₆	+0,233 ₄
3	-0,100 ₂	-0,167 ₄	-0,267 ₆	+0,333 ₁	-0,233 ₅	-0,133 ₃
4	-0,900 ₆	-0,367 ₄	+0,733 ₁	+0,267 ₃	+0,500 ₂	-0,833 ₅
5	-1,367 ₆	-0,333 ₃	+0,567 ₂	-0,567 ₄	-0,833 ₅	+0,867 ₁
6	-0,200 ₄	-0,233 ₅	-1,933 ₆	-0,067 ₃	+0,300 ₂	+0,333 ₁
7	-0,533 ₄	-0,100 ₁	-0,433 ₃	-0,633 ₅	-0,167 ₂	-0,933 ₆
8	-0,067 ₃	-0,133 ₄	-0,800 ₆	-0,400 ₅	+0,567 ₁	-0,033 ₂
9	+0,467 ₂	+0,167 ₃	-0,467 ₆	-0,400 ₅	+1,567 ₁	+0,033 ₄
10	-0,600 ₄	+0,167 ₁	-0,700 ₅	+0,100 ₂	+0,0 ₃	-0,900 ₆
11	-0,030 ₃	+0,433 ₂	-0,333 ₅	-0,267 ₄	+1,733 ₁	-0,667 ₆
12	+0,300 ₂	-0,067 ₆	-0,767 ₅	+0,367 ₁	+0,233 ₃	+0,067 ₄
13	-2,467 ₆	+0,300 ₂	+0,567 ₁	+0,167 ₄	+0,300 ₃	-0,267 ₅
14	+0,733 ₂	-0,233 ₆	+1,167 ₁	+0,267 ₃	-0,133 ₄	-0,333 ₅
15	-0,733 ₅	+0,767 ₁	-0,600 ₃	-1,133 ₆	-0,333 ₂	-0,600 ₄
16	-0,500 ₄	-0,400 ₂	+0,167 ₁	-0,633 ₅	-0,433 ₃	-2,033 ₆
17	+0,133 ₂	+0,100 ₃	+0,300 ₁	+0,033 ₄	-0,800 ₆	-0,100 ₅
18	+0,967 ₁	-0,500 ₅	-0,733 ₆	-0,033 ₃	+0,133 ₂	+0,467 ₄

Tabelle 12

Vergleichsmatrix der Rangfolge aller OK-Werte

(aus Tabelle 7)

$$d_{\text{krit}} = 0,655$$

	5 Philips -0,04	4 Remington -0,01	3 Touch Tronic +0,03	2 Broxo- dent +0,06	1 AEG +0,17
6 Rons. -0,12	0,08	0,11	0,15	0,18	0,29
5 Phil. -0,04		0,03	0,07	0,10	0,21
4 Rem. -0,01			0,04	0,07	0,18
3 TT +0,03				0,03	0,14
2 Brox. +0,06					0,11

Tabelle 13

Vergleichsmatrix der Rangfolge aller UK-Werte

(aus Tabelle 7)

$$d_{\text{krit}} = 0,655$$

	5 Ronson -0,41	4 AEG -0,09	3 Broxodent -0,01	2 Remington -0,00 (2)	1 Philips +0,37
6 TT -0,49	0,08	0,40	0,48	0,49	0,86
5 Ron. -0,41		0,32	0,40	0,41	0,78
4 AEG -0,09			0,08	0,09	0,46
3 Brox. -0,01				0,01	0,38
2 Rem. -0,00					0,37

Tabelle 14

Vergleichsmatrizen der einzelnen Probanden für den
Oberkiefer

1	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

2	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

4	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

5	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

6	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

7	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

8	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

9	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

10	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

11	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

12	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

13	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

14	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

15	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

16	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

17	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

18	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

Bild	Philips	Broxodent	Remington	AEG	Ronson
19					
TouchTronic	8	6	11	7	5
Philips		7	14	9	7
Broxodent			9	3	7
Remington				12	12
AEG					6

Tabelle 15

Vergleichsmatrizen der einzelnen Probanden für den
Unterkiefer

1	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

2	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

3	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

4	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

5	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

7	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

8	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

9	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

11	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

12	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

13	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

14	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

15	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

16	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

17	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

18	P	B	R	A	Ro
T					
P					
B					
R					
A					

Bild	Philips	Broxodent	Remington	AEG	Ronson
19					
TouchTronic	8	8	7	8	6
Philips		4	7	8	7
Broxodent			4	7	6
Remington				5	7
AEG					10

Da nach Auswertung der entsprechenden Literatur angenommen werden konnte, daß die elektrische Zahnbürste der Handzahnbürste überlegen sei, wurden für die Differenzwerttabellen die Werte vom Monatsendtest von denen des Monatsanfangstest (siehe Seite Abbildung 2) abgezogen.

Durch diese Arbeit kann diese Überlegenheitsthese jedoch nicht bestätigt werden, denn insgesamt waren alle Differenzwerte negativ - siehe Tabelle 16, Spalte 3, unterste Zeile - das heißt die Endwerte waren meist größer als die Anfangswerte; das würde bedeuten, daß mit der Handzahnbürste bessere Ergebnisse erzielt worden waren als mit der elektromechanischen Zahnbürste.

Selbst die Gegenüberstellung der allerersten gegen die allerletzten Testwerte (Tabelle 17) über einen Zeitraum von 7 1/2 Monaten überwiegend elektromechanischen Bürstens erbrachte keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 16

Mittelwerte der Sulcus-Fluid-Messungen (gemittelt
über alle Zähne und Bürsten)

Proband	Spalte 1 OK	Spalte 2 UK	Spalte 3 über beide Kiefer gemittelt
1	- 0,306	- 0,106	- 0,206
2	+ 0,033	+ 0,589	+ 0,311
3	+ 0,150	- 0,094	+ 0,028
4	+ 0,367	- 0,100	+ 0,133
5	- 0,078	- 0,228	- 0,153
6	+ 0,228	- 0,300	- 0,036
7	- 0,339	- 0,467	- 0,403
8	+ 0,244	- 0,144	+ 0,050
9	+ 0,072	+ 0,228	+ 0,150
10	- 0,106	- 0,322	- 0,214
11	- 0,044	+ 0,144	+ 0,050
12	- 0,217	+ 0,022	- 0,097
13	- 0,156	- 0,300	- 0,228
14	+ 0,400	+ 0,278	+ 0,339
15	- 0,089	- 0,439	- 0,264
16	+ 0,028	- 0,639	- 0,306
17	+ 0,122	- 0,056	+ 0,033
18	- 0,017	+ 0,050	+ 0,017
über alle 18 + 0,0164 gemittelt		- 0,1046	- 0,04414

Tabelle 17

Differenzwerte der Sulcus-Fluid-Messungen
(allerletzter Wert -- Ende des VI. Monats -- minus
allererster Wert -- Anfang des I. Monats)

Proband	OK	UK	OK und UK
1	- 3,77	- 5,20	- 4,48
2	- 0,37	+ 0,60	- 0,08
3	- 0,60	- 0,43	- 0,37
4	+ 0,47	+ 0,73	+ 0,60
5	- 0,37	- 0,40	- 0,38
6	- 0,03	+ 0,03	+ 0,0
7	- 0,30	+ 1,30	- 0,80
8	- 0,47	- 0,40	- 0,43
9	+ 0,34	+ 0,03	+ 0,18
10	+ 0,63	- 0,40	- 0,51
11	- 0,20	+ 0,03	+ 0,11
12	- 0,16	+ 0,03	- 0,13
13	- 0,67	- 0,93	- 0,80
14	- 0,10	- 0,50	- 0,30
15	- 0,15	- 0,50	- 0,82
16	+ 0,34	- 0,54	- 0,10
17	+ 0,90	+ 0,10	+ 0,45
18	+ 0,07	+ 0,87	+ 0,46
	- 4,44	- 6,58	- 7,40

D Kritische Betrachtung und Folgerung

Die Aufgabe dieser Arbeit sollte sein, durch zwei objektive Tests und deren statistischer Auswertung die Frage zu beantworten, ob die bisher überwiegenden Argumente für elektromechanisches Zähneputzen unter normalen Verbraucherbedingungen bestätigt werden und ob dabei eine Rangfolge der getesteten Fabrikate aufzustellen ist.

Die "normalen Verbraucherbedingungen" wurden nachzuahmen versucht, indem die Probanden aufgefordert wurden, Zeitpunkt und Zeitdauer ihrer individuellen Putzgewohnheit beizubehalten. Daß es sich bei diesen Probanden um Zahnmedizinstudenten handelte, dürfte keinen bemerkenswerten Einfluß gehabt haben, denn G Ü L Z O W und S E E G E R (14) stellten anhand ihrer Ergebnisse fest, daß selbst bei fachlich vorbelasteten Personen die Mund- und Zahnpflege höchstens als mäßig angesehen werden kann. Durch unsere Beobachtungen konnte das bestätigt werden.

Inwieweit nun diese Bedingungen durch den psychologischen Effekt des angereizten Spieltriebes (14) besonders zu Beginn der Testreihe beeinflußt werden, ist nicht nachzuweisen, da es sich hier um unkontrollierte Anwendungen (das Putzen selbst fand nicht unter Aufsicht statt) handelt. Es wurde aber diesem Phänomen Rechnung getragen, indem die Verteilung der Bürsten in Anlehnung an die Technik des Lateinischen Quadrates (siehe Seite 22) erfolgte, sodaß alle

Bürsten bezüglich der Zeitverteilung einen identischen Stellenwert einnahmen.

Die zwei klinischen Tests haben sich für diese Aufgabenstellung in ihrer Objektivierbarkeit als problematisch erwiesen. Das relativ niedrige Alter der Probanden mit durchschnittlich 25 Jahren garantierte eine gewisse Anzahl an natürlichen, möglichst karies- und füllungsfreien Zähnen.

Gingivitis beginnen nach M Ü H L E M A N N (29) schon beim Kind, aber erst nach dem 35. Lebensjahr stellen sich schwerwiegende Folgen wie Zahnlockerung und Zahnverlust ein. So waren akute Fälle marginaler und ulceröser Gingivitis zu Versuchsbeginn nicht vertreten, für die nach R I E T H E (34) die Elektromechanische Zahnbürste sowieso kontraindiziert gewesen wäre. Die anfangs festgestellten Entzündungen gehörten alle zur Parodontopathia inflammata superficialis.

Daß größere Entzündungsgrade auch über die Testzeit nicht auftraten, beweist, daß keine der hier getesteten Zahnbürsten das Zahnfleisch so schädigte, wie R I E T H E (34) und W E C K E R L E (40) in ihren Bürstenuntersuchungen zeigen konnten. Es bestätigte sich, was schon Riethe erwähnt: es ist schwierig, exakte Angaben über marginale und papilläre Blutungen zu machen.

Für die feinen Schwankungen zwischen den in dieser Untersuchungsreihe vertretenen Entzündungsgraden war die PMA-Index-Untersuchungsmethode nach M A S S L E R und S C H O U R (26) auch unter

Beachtung der Bewertungsdefinition nach
M Ü H L E M A N N (29), zu grob.

Nach O R B A N (32) ist auch die klinisch gesunde Gingiva nicht notwendigerweise frei von Entzündungserscheinungen und er beschreibt, daß in lokalisierten Zonen unterhalb des Epithels regelmäßig Anzeichen einer chronischen Entzündung in histologischen Schnitten erkennbar ist. Sobald sich aber schon bei geringgradigen Entzündungen eine normale und dichte Bindegewebsstruktur auflockert, entsteht durch ein Hindurchsickern von Gewebsflüssigkeit aus dem subepithelialen Bindegewebsraum ein entzündliches zellhaltiges Exsudat, das als Sulcus-Fluid bezeichnet wird (siehe Seite 23). Kann man Sulcus-Fluid in der vorn angegebenen Methode nachweisen, so weist man Entzündungen der unmittelbar den Zahn umgebenden Gewebe nach und zwar schon in klinisch noch nicht erkennbaren Stadien. Der Ninhydrinnachweis setzt das Vorhandensein von α -Aminosäuren voraus. Alle anderen Bestandteile des vaskulären Exsudates, also die Plasma-Proteine, verschiedenen Elektrolyte, fibrinolytischen Faktoren und zellulären Elemente werden vom Ninhydrinnachweis nicht erfaßt. Inwieweit diese Bestandteile quantitativ prozentual an der Bildung der Sulcus-Flüssigkeit beteiligt sind, ist meines Wissens noch nicht erforscht. Vielleicht liegt hierin eine Erklärung für die unterschiedlich ausgeprägte Blaufärbung der SF-getränkten Stripstrecken, wie wir sie beobachten konnten. Auch waren eine ganze Reihe von Strips am Einführungs-

ende um die Einkerbung -notch- stärker angefärbt. Die allmähliche Farbverdünnung erschwerte die Bemessung gegen Stripende.

Etliche Strips aus den Unterkieferfrontzahnbereichen waren in ihrer gesamten Längenausdehnung angefärbt. Wären diese Strips noch länger gewesen, hätten sie vermutlich mehr Flüssigkeit aufnehmen können. Bei der Bewertung konnte das natürlich nicht berücksichtigt werden, wie überhaupt die Objektivierbarkeit dieser SF-Meßmethode durch das subjektive Beurteilen per Augenmaß ihre Grenze hat.

Es ist eine gerade dem praktizierenden Zahnarzt bekannte Tatsache, daß Beläge, Zahnstein und Entzündungen der Gingiva besonders häufig in der UK-Front anzutreffen sind. H O P F (17) belegt diese Tatsache mit PMA-Index-Untersuchungen an 158 circa 20-jährigen Wehrpflichtigen und stellt fest, daß Entzündungen zuerst im UK manifest werden. Diese Beobachtung könnte zur Erklärung der Zeile 6 der Varianzanalysentabelle (Tabelle 5) beitragen, denn allein die Mittelwertbefunde für den UK zeigen statistisch gesicherte Unterschiede (Tabelle 13 und Erklärung auf Seite 41).

Die statistisch gesicherte Wechselwirkung Proband/Bürste besagt, daß für jeden einzelnen Probanden eine beste, zweitbeste, und so weiter Bürste mit statistischer Sicherheit gefunden wurde. Da diese Reihenfolge bei jedem der 18 Probanden anders zusammengesetzt ist, können weitere verallgemeinernde Schlüsse nicht gezogen werden. Aber es sei in diesem

Zusammenhang noch einmal auf Punkt 4 der von R I E T H E (s. S. 20) aufgestellten Einflußfaktoren auf die Gingivastimulation verwiesen. Etliche Probanden beklagten sich, daß die elektromechanischen Bürsten im buccalen Molarengebiet einfach "stehenblieben". Das kann einmal durch enge topographische Verhältnisse zu deuten sein, aber sicher auch durch den individuell unterschiedlichen Druck, mit dem die Bürsten gehandhabt werden. Zumindest waren die Bürstenköpfe bei einigen Probanden nach einem Monat schon verbraucht, während bei anderen die Borstenbündel genau so dicht standen wie am Ausgabetermin.

Von den hier getesteten 6 Bürsten konnten mithilfe des PMA-Index und der SF-Messungen keine eindeutig bessere oder schlechtere Bürste ermittelt werden, selbst den 18 verschiedenen Handzahnbürsten war keine der elektrischen Zahnbürsten überlegen. Auch die Gingiva war nach 7 1/2-monatigen vorwiegend elektromechanischen Putzens statistisch gesehen unverändert.

Dieser Befund könnte mit dem Ergebnis der unkontrollierten Versuchsanordnungen von G Ü L Z O W und S E E G E R (14) verglichen werden, die einen signifikanten Unterschied zwischen alter zu neuer Handzahnbürste fanden, aber keine Signifikanz mehr von neuer zweckmäßiger Handzahnbürste zur elektrischen Zahnbürste. Auch sie fanden keinen Unterschied zwischen den Bürstenfabrikaten und wiesen darauf hin, daß entsprechende positive Resul-

tate aus kontrollierten Versuchsanordnungen stammen.

Mehrere Faktoren dürften zu den Ergebnissen dieser Arbeit geführt haben. Einmal waren die mundhygienischen Verhältnisse aller Probanden schon zu Versuchsbeginn so gut, daß die erwartete Verbesserung auch nach 7 1/2 Monaten nicht festgestellt werden konnte.

Zweitens stellt sich die Frage, ob die beiden Testmethoden in ihren Konzepten differenziert genug sind, um derartige feine Schwankungen von Gingiva-Entzündungsgraden objektivieren zu können.

Drittens kann man verallgemeinernd feststellen, daß für eine x-beliebige Person mit diesen beiden Untersuchungsmethoden die für sie geeigneteste elektrische Zahnbürste gefunden werden könnte. Das hat natürlich kaum eine praktische Bedeutung.

Da keine der Bürsten Gewebeschäden hervorrief und alle als gleichwertig anzusehen sind, kann man alle 6 Fabrikate unbedenklich dort empfehlen, wo sich die elektrische Zahnbürste schlechthin als hilfreiches und nützliches Instrument für Prophylaxe und Therapie erwiesen hat.

E Zusammenfassung

Sechs elektromechanische Zahnbürsten (AEG-Princess, Broxodent, Philips, Remington, Ronson Nr. PV 42, und Touch Tronic) wurden über einen Zeitraum von 7 1/2 Monaten von 18 Probanden getestet. Jeder Proband hatte wechselweise alle sechs Fabrikate im Gebrauch, sodaß insgesamt 108 Bürsten getestet wurden. Zwischen die Testmonate war jeweils eine Woche eingeschaltet, während der nur mit der Handzahnbürste geputzt werden durfte.

Am Anfang, sowie am Ende des Testmonats wurden jeweils zwei klinische Untersuchungen -- Sulcus-Fluid-Messung mit Filterpapierstrips nach der IKM-Methode und Erhebung eines PMA-Index -- protokolliert.

Mithilfe des Tukey-Tests wurden statistische Mittelwertsvergleiche durchgeführt, die keine statistisch gesicherten Aussagen über eine Rangfolge der elektromechanischen Zahnbürsten zulassen. Die in der entsprechenden Literatur gefundenen Dokumentationen zur Überlegenheit der elektrischen Zahnbürste gegen die Handzahnbürste konnte durch diese Arbeit nicht bestätigt werden. Selbst nach 7 1/2monatigen vorwiegend elektromechanischen Putzens war die Wirkung der elektrischen Zahnbürste der Handzahnbürste nicht überlegen.

F Literaturverzeichnis

- (1) ASH, M. M. : A review of the Problems and Results
of the Studies on Manual and Power
Toothbrushes
J. Periodont. 35 (1964) 202-215
- (2) BERGMANN, M. : Brossage electrique des dents
J. Stomat. 1 Brüssel (1959) 146-154
- (3) BJÖRN, A.; G. KOCH u. J. LINDHE: Evaluation of
gingival fluid measurements
Odont. Revy 16 (1965) 300-307
- (4) BRILL, N. u. B. KRASSE: The passage of tissue fluid
into the clinically healthy gingival
pocket
Acta Odont. Scand. 16 (1958) 233-245
- (5) BRILL, N. : Influence of Capillary Permeability on
Flow of Tissue Fluid in Gingival Pockets
Acta Odont. Scand. 17 (1959) 23-33
- (6) BRILL, N. : Effect of chewing on flow of tissue
fluid into human gingival pockets
Acta Odont. Scand. 17 (1959) 277-284
- (7) CLAUSSEN, B.: Klinisch-Experimenteller Vergleich
von sechs verschiedenen elektrischen
Markenzahnbürsten mit Hilfe der

Plaqueeanfärbung

Med.-Diss., Mainz (1974 abgeschlossen)

- (8) DABLESTEEN, J.: Über elektrische Zahnbürsten
Quintess. Zahnärztl. Lit. 16 (1965)
31-33

- (9) EGELBERG, J.: Cellular Elements in Gingival pocket
fluid
Acta Odont. Scand. 21 (1964) 283-287

- (10) EGELBERG, J.: Gingival exudate measurements of
evaluation of inflammatory changes of
the Gingivae
Odont. Revy 15 (1964) 381-398

- (11) ENGELBERGER, A.: PMA-Index. Klinische Bewertung u.
histologischer Befund.
Schw. Mschr. Zahnheilk. 70 (1960)
222-232

- (12) GODT, H.: Vergleichende Untersuchungen über die
Reinigungs- u. Massagewirkung ver-
schiedener Elektro-Zahnbürsten.
Dtsch. Zahnärztebl. 19 (1964) 608-614

- (13) GÖTZE, W. u. W. MAYER: Untersuchungen über die
elektrische Zahnbürste Broxodent
(unter besonderer Berücksichtigung des
kapillarmikroskopischen Bildes und der

Temperatur am Zahnfleisch vor und nach
der Behandlung)

Zahnärztl. Welt 18 (1963) 532-534

- (14) GÜLZOW, H. J. u. U. SEEGER: Klinisch-experimentelle
Untersuchungen über die Wirksamkeit
elektrisch betriebener Zahnbürsten.
Dtsch. Zahnärztebl. 4 (1965) 531-535
- (15) entfällt
- (16) HELD, A. G. u. M. SPIRGI: Die Zahnbürste in der zu-
sätzlichen Behandlung der Krankheiten des
Parodontiums
Parodontologie 12 (1958) 170-177
- (17) HOPF, E.: Recidivprophylaxe durch gezielte Mundhygiene
nach konservativer Parodontaltherapie.
Wehrmed. Mschr. 2 (1972)
- (18) JACOBY, R.: Das Zahnfleischtaschenexsudat
Med.-Diss., Mainz 1971
- (19) KETTERL, W.: Persönliche Mitteilung
- (20) KETTERL, W.: Erfahrungsberichte über die elektrische
Zahnbürste als unterstützendes Hilfs-
mittel zur Behandlung von Parodontopathien.
Dtsch. zahnärztl. Z. 20 (1965) 474-478

- (21) KIMMEL, K.: Die automatische Zahnbürste heute.
Dtsch. Zahnärztebl. 13 (1966) 421-422
- (22) KRASSE, B. u. J. EGELBERG: The Relative Proportions
of Sodium, Patsassium and Calcium in
Gingival Pocket Fluid.
Acta Odont. Scand. 20 (1962) 143-152
- (23) LEHNERT, S.: Biochemische und mikrobiologische
Untersuchungen über Korrelationen
zwischen Speichel, Zahnbelägen und
Karies.
Med. Habil. Schr. Münster 1968
- (24) LÖE, H. u. P. HOLM-PEDERSEN: Absence and Presence
of fluid from normal and inflamed
gingivae.
J. Periodont. 3 (1965) 171-177
- (25) MANN, W. V.: The correlaton of gingivitis, pocket
depth and exudate from the gingival
crevice.
J. Periodont. 34 (1963) 379-387
- (26) MASSLER, M. u. J. SCHOUR: The PMA-Index of
gingivitis J. dent. Res. 2 (1949)
634-642
- (27) MOSSDORF, M.: Praktische Erfahrungen mit Elektro-
Zahnbürsten.
Zahnärztl. Mitt. 20 (1963) 902-903

- (28) MÜHLEMANN, H. R. u. Z. S. MAZOR: Gingivitis in
Zurich School Children
Helv. Odont. Acta 2 (1958) 3-12
- (29) MÜHLEMANN, H. R.: Der marginale Parodontalinfekt
Schw. Mschr, Zahnhk. 80 (1970) 36-44
- (30) MÜNCH, J.: Mundhygiene und Parodontopathien
Zahnärztl. Praxis 13 (1962) 153-154
- (31) OHM, H.-J. u. E. SONNABEND: Elektrische Zahnbürsten
im praktischen Test.
Dtsch. zahnärztl. Z. 11 (1967)
1372-1378
- (32) ORBAN, B.: Clinical and histologic study of the
surface characteristics of the
gingiva.
Oral Surg. 1 (1948) 827-841
- (33) RENGGLI, H. H.: Ätiologie der Parodontitis
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 81 (1971)
790-796
- (34) RIETHE, P.: Die Gingiva unter dem Einfluß
konventioneller und elektrischer Zahn-
bürsten.
Forum Parodontolog. 1, in Dtsch. Zahn-
ärztebl. 3 (1965) 1-9

- (35) RIETHE, P.: Die Mundhygiene
Praxis der Zahnheilkunde, Bd. 1 A20,
München 1968
- (36) RIETHE, P.: Plaques und Zahnstein in ihren Beziehungen zum marginalen Parodontium
Dtsch. zahnärztl. Z. 24 (1969) 915-921
- (37) ROSE, G.: Klinische und Experimentelle Ergebnisse mit elektromechanischen Zahnbürsten
Med. Diss. Bonn 1964
- (38) SANDMEIER, K.; W. KETTERL u. K. H. RATEITSCHAK:
Der therapeutische Effekt der Curettage
Acta Parodontologica in Schw. Mschr.
Zahnheilk. 83 (1963) 515-531
- (39) WEBER, E.: Grundriß der Biologischen Statistik
6. Aufl., Stuttgart 1974
- (40) WECKERLE, B.: Vergleichende Untersuchungen verschiedener automatischer Zahnbürsten-Systeme im klinischen- und im Laboratoriumsversuch.
Zahnärztl. Rdsch. 6 (1965) 224-230
- (41) Z*GRAGGEN, W.: Zur Messung der Gingivalen Sulcusflüssigkeit am Menschen
Med. Diss. Zürich 1970

Meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte ich
Herrn Professor Dr. Dr. med. W. Ketterl für die freund-
liche Überlassung des Themas.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. H.H.Renggli
vom Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich
für die großzügige Überreichung der benötigten Filter-
papierstreifchen.

Herrn Dr. med. E. Scheidt vom Institut für Medizinische
Statistik in Mainz möchte ich für die geduldige und
hilfsbereite Unterstützung in statistischen Fragen
allerherzlichst danken.

Ebenso herzlich danke ich meinem Mit-Doktoranden
Boye Claussen für die hilfreiche Assistenz bei der
Durchführung des praktischen Versuchsteils.

Lebenslauf

- 1948 am 22.12. in Gera/Thüringen geboren
Vater: Hanskarl Gäbert, gestorben
1951 an den Folgen eines Kriegsleidens
Mutter: Ursula, geb. Lienemann
- 1955 Herbst, Einschulung in Gera
- 1958 Ostern, Übersiedelung nach Kassel
Umschulung in die 4. Volksschulklasse
- 1959 Ostern, Eintritt in die Sexta der
Jacob Grimm-Schule in Kassel nach Aufnahme-
prüfung
- 1967 am 19.6. Abitur bestanden
zum WS 67/68 Beginn des Studiums in der
Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz
nach Studienplatzablehnung für Zahnmedizin.
- 1968 SS wiederholte Ablehnung für Zahnmedizin,
WS 68/69 Zulassung zum Studium der Zahnheil-
kunde.
- 1969 am 6.10. Naturwissenschaftliche Vorprüfung und
- 1971 am 31.3. Zahnärztliche Vorprüfung abgelegt.
Zum SS Aufnahme des Klinischen Studienteils
an der Zahn-, Mund- und Kieferklinik in
Mainz
- 1973 2.11. Zahnärztliches Staatsexamen
- 1974 seit Februar Assistententätigkeit in
Gau-Odernheim/Rheinhausen.

